

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

亞臨界明渠 60 度分流研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC90-2211-E-032-021-

執行期間：90 年 08 月 01 日至 92 年 01 月 31 日

執行單位：淡江大學水資源及環境工程系

計畫主持人：許中杰

計畫參與人員：郭瑞儀，何泰亦

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 6 月 6 日

亞臨界明渠 60 度分流研究

Non-Equal Width 60° Dividing Open-Channel Flow

計劃編號：NSC89-2211-E032-021

執行期限：90 年 8 月 1 日至 92 年 1 月 31 日

主持人：許中杰 淡江大學水環學系

計劃參與人員：郭瑞儀、何泰亦 淡江大學水環學系

一、中文摘要

本研究應用 60 度分流渠道量測支、主渠渠寬比為 1、1/2 與 1/3 與七組支、主渠流量比之水深與二維向流速，藉由量測資料而探討相關參數對分流角，分流前、後水深及能量損失係數的影響。實驗資料顯示迴流區最大寬度與再觸長隨流量比增加而變大，於主、支渠界面之流向角則隨流量比增加而減小。另外，應用實驗資料驗證一維性分流解析模式，其結果相當吻合。

關鍵詞：分流，流量比，水深比。

Abstract :

This study presents the experimental results and an analytical approach for determining the relationship between discharge-ratio and depth-ratio of a subcritical, 60° dividing open-channel flow over a horizontal bed. The analytical results were compared well with the experimental data. The experiments included three width-ratios and seven discharge-ratios. It was found that the flow-angle at the interface as well as the energy loss coefficients through the junction increases as the width ratio increases. Finally, a simplified formula for engineering application to calculating the discharge ratio and depth ratio was presented.

Key Word: Dividing Flow, Discharge Ratio, Depth Ratio

二、緣由與目的

河川或渠道藉由分流設施引出計劃需水量，下游各分支渠流流量之分配、水位之變化及支渠入口下游處不穩定之三維性迴流區及其衍生之泥沙淤積為最重要之問題。分流流況的影響因素為主支渠下游流況、支主渠渠寬比、渠底坡度、分流角及分流處之平滑度。Grace(1958)^[1]，Law(1965)^[2]，Lakshmana Rao 和 Sridharan(1968)^[3]，Ramamurthy(1988)^[4]，Ingle(1989)^[5]，Ramamurthy(1990)^[6]，Hager(1992)^[7]，Neary and Odgaard (1993)^[8]，及 Hsu et.al.^[9] 皆曾進行相關研究。除 Neary and Odgaard (1993)^[8] 探討三維性流況外，大多以一維性主渠上游福祿數，主渠上、下游流量比與水深比之關係為主要研究對象。

三、實驗儀器與參數

60° 矩形試驗渠槽分流處上游主渠 5.3m，下游 6.3m，支渠 4.45m。本實驗使用 ALEC ACM-250 型二維向電磁式流速儀量測斷面流速，其可量測速度為± 250 cm/sec，精確度為±2%；水位則應用日製 Asia 尺規計量測，精度± 0.01mm。

分流流況的影響參數為主渠上、下游及支渠渠寬、主渠上、下游及支渠均勻段水深、主渠上、下游流量、支渠流量，重力加速度 (g)、分流角度 (θ)、渠底坡度 (S) 等。令 W =渠寬、 y =水深、 Q =流量，而下標符號 u 、 d 與 b 分別表示為主渠上游完全發展段斷面，主渠下游完全發展段斷面與支渠下游完全發展段斷面。當分流角為定值且渠底水平時，影響分流流況之無因次化參數可表示為：

$$F_3(\overline{Q_d}, \overline{Y}, \overline{Y_b}, \overline{W}, F_{nd}, F_{nb}) = 0 \quad (1)$$

其中， $\overline{Q_d}$ =主渠下游與上游流量比， \overline{Y} =主渠上、下游完全發展段均勻斷水深比，

$\overline{Y_b}$ =主渠上游與支渠下游完全發展均勻段水深比， \overline{W} =支、主渠渠寬比， F_{nd} =主

渠下游完全發展均勻段福祿數及 F_{nb} =支渠下游完全發展均勻段福祿數。本試驗

取支、主渠渠寬比為 1、1/2 和 1/3，流量介於 9.43(l/sec)至 13.76(l/sec)。主渠下游福祿數(F_{nd})介於 0.08 至 0.17；支渠下游福祿數(F_{nb})介於 0.09 至 0.50。

四、理論基礎

基本假設為：(a)恆態流；(b)垂向靜水壓分佈；(c)控制體積上、下游流況為亞臨界流且為完全發展及(d)忽略控制體積內之摩擦力及摩擦能量損失。

質量守恆方程式表示為：

$$Q_u = Q_d + Q_b \quad (2)$$

單位時間能量通量為：

$$\kappa Q_u H_u = \kappa Q_b H_b + \kappa Q_d H_d + \kappa Q_u \Delta H_e \quad (3)$$

由假設(4)，主渠上、下游能量相等而為：

$$y_u + \frac{Q_u^2}{2gW_u^2 y_u^2} = y_d + \frac{Q_d^2}{2gW_d^2 y_d^2} \quad (4)$$

式中， H =能量； $\kappa = \dots g$ =水比重及 ΔH_e =損失能量。

五、結果與討論

流向角

流向角(α)表示主、支渠交界面，速度向量與主渠向之夾角。實驗顯示流向角將隨流量比增大及渠寬比增大而減少，且流向角之正弦函數($\cos \alpha$)與 \overline{Q} 約呈線性正比關係。

迴流區形狀參數

由實驗可知，當支、主渠流量比增大時，支渠迴流區最大寬度(W_c)增大，但是 W_c 與再觸長度(L)之比(即是形狀參數)變小。

水深比

式(4)經整理後可得：

$$\bar{y}^3 - \left(1 + \frac{1}{2} F_{rd}^2\right) \bar{y}^2 + \frac{1}{2 \bar{Q}_d^2} F_{rd}^2 = 0 \quad (5)$$

式(5)表示當 \bar{Q}_d 及 F_{rd} 已知時，水深比($\bar{y} = y_u / y_d$)為一元三次多項式函數。

根據式(5)之預測值可知：(a)當流量比增加時，下游福祿數適用範圍也越小，且每個福祿數，均有一個最小之水深比限制值，用來控制上游之最小水深或是下游之最大水深。(b)在下游福祿數較小，且流量比由大而小時，一開始之上下游水深變化，隨流量比之減少而變化的值並不大；但當流量比小至一定的範圍時，水深之變化會隨流量比之減少而有極明顯的變化。

能量損失係數

應用式(3)及假設(4)，可將支渠能量損失係數 K_e 可表示為：

$$K_e = \bar{Q}_b \left[1 - \frac{2 \bar{Y}_b^3 + \frac{1}{\bar{W}^2} \bar{Q}_b^2 F_{ru}^2}{\bar{Y}_b^2 (2 + F_{ru}^2)} \right] \quad (6)$$

其中， $\bar{Q}_b = 1 - \bar{Q}_d$ 。式(6)表示能量損失係數可表示為流量比、支渠水深比與主渠上游福祿數之函數。實驗資料知當 $\bar{W} = 1$ ， $\bar{Y}_b = 0.982$ ；當 $\bar{W} = 1/2$ ， $\bar{Y}_b = 0.961$ ；當 $\bar{W} = 1/3$ ， $\bar{Y}_b = 0.893$ 。應用式(6)求得之理論值與實驗數據相當接近。根據實驗數據可知當流量比越接近 0.5 時，分流所產生的能量損失會越小；於固定流量比下，主渠上游福祿數越大，支渠流況造成之能量損失越大。當渠寬比越小時，在相同流量比之下，能量損失會越大。

工程應用

應用微擾法將式(6)整理得有限差分水深比預測模式如：

$$\bar{Y}_j(\bar{Q}_d - \Delta \bar{Q}_d) = \bar{Y}_j(\bar{Q}_d) - \frac{\frac{F_{rd}^2}{\bar{Q}_d^3}}{3 \bar{Y}^2 - 2 \bar{Y} \left[1 + \frac{F_{rd}^2}{2} \right]} \Delta \bar{Q}_d \quad (8)$$

其中， $j=1$ 時表亞臨界流之狀況， $j=2$ 時表超臨界流之狀況。利用已知 $\bar{Q}=1$ 時 $\bar{Y}=1$ ，均勻流或水躍水深比為起始條件可得 \bar{Q} 與 \bar{y} 之關係。因水躍現象發生於上游為超臨界流而下游為亞臨界流，此流況並非本研究之範圍，故不於討論。

支渠流量與主渠下游福祿數

當上游入流量已知時，應用式(4)之判別式可知最大支渠流量為：

$$Q_{b,\max} = Q_u \left\{ 1 - \left[F_{rd}^2 / \left[(2 + F_{rd}^2) / 3 \right]^{3/2} \right] \right\} \quad (9)$$

或需求之最大支渠流量已知，則主渠最大下游福祿數為：

$$\frac{F_{rd,\max}^2}{\left[(2 + F_{rd,\max}^2) / 3 \right]^3} = \left(1 - \frac{Q_b}{Q_u} \right)^2 \quad (10)$$

結論

水平 60 度分流渠道，在支、主渠渠寬比為 1、1/2 及 1/3 時，可得結論：流向角，隨流量比增加而減少；隨支、主渠渠寬比減小而增加。支渠之迴流區有效寬度，隨主、支渠流量比增大而增加。迴流區之再觸長度與支渠渠寬比，隨主渠上下游流量比增加而增加。迴流區之形狀參數，隨主渠上下游流量比增加而減小。分流所造成之能量損失係數，隨流量比與上游福祿數增加而增加。主、支渠分流區受到迴流區之影響，會有較大的能量損失；此能量損失隨支、主渠寬比減小而增加。在一固定支、主渠流量比下，會有一最大主渠下流福祿數值存在，且其有一相對應之支渠均勻斷面最小水深值。

參考文獻

1. Grace, J.L. and Priest, M.S. (1958). "Division of Flow in Open Channel Junctions." Law, S.W., (1965). "Dividing Flow in open channel," thesis presented to McGill University at Montreal, Canada, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Engrg.
2. Sridharan, L. (1966). "Division of flow in open channels." Thesis presented to the Indian Institute of Science, at Bangalore, India, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.
3. Lakshmana Rao, N.S., Sridharan, L., and Baig, M.Y.A. (1968). "Experimental study of the division of flow in an open channel," Proc., Third Australasian Conference on Hydraulic and Fluid Mechanics, Sydney Australia, Nov., 139-142.
4. Ramamurthy, A.S. and Satish, M.G. (1988). "Division of Flow in Short Open Channel Branches." J. Hydr. Engrg., ASCE, 114(4), 428-438.
5. Bulletin No., 31, Engineering Experimental Station, Alabama Polytechnic Institute.
6. Ramamurthy, A.S., Tran, D.M. and Carballada, L.B. (1990). "Dividing Flow in Open Channels." J. Hydr. Engrg., ASCE, 116(3), 449-455.

7. Hager, H. (1992) . "Discussion of 'Dividing Flow in Open Channels.' By A.S. Ramamurthy, D.M. Tran, and L.B. Carballada." J. of Hydr. Engrg., ASCE, 118(4),634-637.
8. Neary, V.S. and Odgaard, A.J., (1993) . “Three Dimensional Flow Structure at Open Channel Diversions. J. Hydr. Engrg. ”, ASCE, 119(11),1223-1230.
9. Hsu, C.C., Tang, C.J., and Lee, W.J. , 2002. “Subcritical 90 Degree Equal-Width Open-Channel Dividing Flow,” J. Hydr. Engrg., ASCE, 128(7), 716-720, NSC-88-E-032-007